

データセンター向け省エネルギー空調システム

Energy Saving Solution for Data Centers

大貫 敏之
Oonuki Toshiyuki
Onuora Obi

小野 保夫
Ono Yasuo
頭島 康博
Kashirajima Yasuhiro

日立プラントテクノロジーは、データセンターの省エネルギー化を図る局所冷却空調システム「Ref Assist」を開発し、スペース効率の改善にも寄与する天つり型ユニットをラインアップした。また、国際標準化への取り組みに関連し、日立製作所とともに総務省からシステム検証を受託し、高密度にICT機器が実装されるデータセンターでは、局所冷却空調システムがベストプラクティスであることを明らかにした。この検証結果は日本国提案としてITU(国際電気通信連合)に寄書・提案され、2011年11月に勧告として承認された。

1. はじめに

情報通信の高速・大容量化など情報化社会の進展に伴いデータセンターの電力需要が急増している。2025年には、インターネット上を行き交う情報通信量が2006年の190倍となり、ICT (Information and Communication Technology) 機器の国内消費電力は5倍に達すると見積もられている。そのため、データセンターの電力消費量削減の取り組みが急務となっている^{1), 2)}。

データセンター設備は24時間365日の運用に耐える信頼性や増設への拡張性が求められる。さらに近年では、ICT機器の高密度実装時に、増大した機器の発熱が機器自体の稼働にまで影響を及ぼす「熱だまり」の発生や、冷却用空調の消費電力増大という課題も顕在化してきた。

ここでは、データセンター向け局所冷却空調システム「Ref Assist」と、データセンター向け空調システムに関する国際標準化の取り組みについて述べる。

2. データセンター向け空調システムの課題

データセンター向けの一般的な空調システムでは、ICT機器設置室の端部や隣接した機械室に床置き空調機が設置される。空調機で冷却した空気を床下チャンバから室内に供給する床吹き出し方式の全体空調となっており、室内に給

気された低温空気はサーバラックに導入され、サーバなどICT機器を冷却する(図1参照)。

この方式では、空調空気を床下チャンバ、ICT機器設置室、天井スペースを経る長大な経路で循環させるため搬送動力が大きい。気流バランスが変化すると、空気の滞留や巻き込みが起これ、局所的に温度が上昇する「熱だまり」という現象が発生する懸念がある。また、ICT機器設置室内やその近傍に空調機を設置する必要があるため、サーバなどICT機器の設置スペースが制約される。さらに、高密度実装などで室内の発熱密度が大きい場合には、空調空気の流路となる床下スペースを大きくする必要が生じ、建築物の階高にまで影響が及ぶ。

3. 局所冷却空調システム「Ref Assist」

株式会社日立プラントテクノロジーは、2007年から熱搬送に動力不要な冷媒自然循環方式の開発に着手し、2009年には高効率な熱源を採用した局所冷却空調システム「Ref Assist」を発売した。2010年には「Ref Assist」を採用した「モジュール型データセンタ」が日刊工業新聞社の「十大新製品賞」本賞を受賞し、その後、天つり型冷却ユ

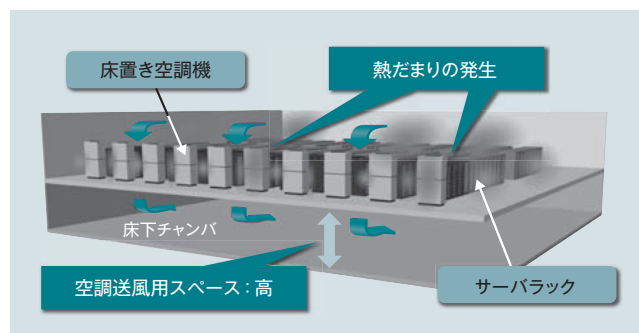


図1 | データセンターの一般的な空調システム

空調空気の循環経路が長いうえ、空調機がサーバラックと同一平面にあるため、スペース効率が悪い。

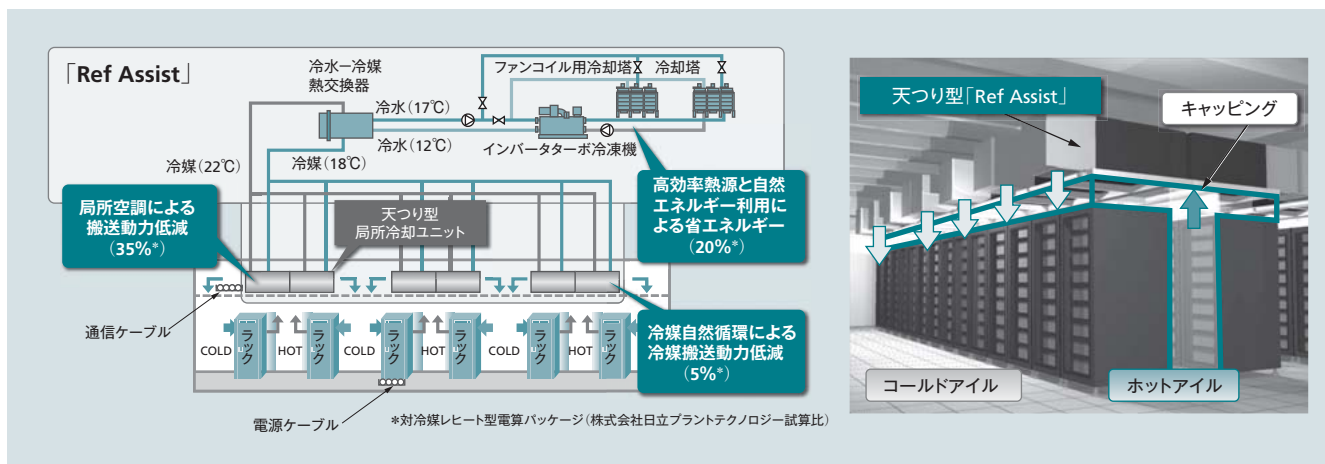


図2 | 局所冷却空調システム「Ref Assist」の概要・設置イメージ

局所冷却による搬送動力低減、高効率熱源とフリークーリングによる省エネルギーにより、空調消費電力を大幅に低減した。キャッピングで分離されたホットアイル側に設置された天つり型「Ref Assist」は高温空気を吸い、コールドアイルに冷風を供給する。

ニットの投入などラインアップの拡充を図ってきた。

3.1 システムの概要

「Ref Assist」は冷媒を冷却する冷水-冷媒熱交換器（凝縮器）と室内のサーバ排気を冷却する局所冷却ユニット（蒸発器）から構成される。熱源設備には高効率冷凍機と冬期、中間期の外気冷熱を活用して冷水を製造するフリークーリング設備を採用している。製造された冷水は、凝縮器で冷媒を冷却・液化し、冷媒液は、凝縮器よりも下方に設置された蒸発器へ重力落下で供給され、サーバ排気を冷却する（高低差が確保できない場合は冷媒ポンプを使用）。直近のホットアイルからICT機器の排熱を吸い込み、冷却した空気をコールドアイルに戻すことで空調空気の循環経路が短縮され、従来の冷媒レヒート型パッケージ空調機に比べ、大幅に空調消費電力を低減した（図2参照）。

3.2 システム導入の効果

局所冷却空調システム「Ref Assist」は、ホットアイル直上に新たにラインアップした天つり型局所冷却ユニットを設置することで、空調空気の循環経路を短縮でき、搬送動力の低減などによって従来方式に比べ、(1) 約60%の空調動力が削減^{※1)}できる。また、天井面の有効利用により同一床面積で、(2) スペース効率は約20%向上し、サーバなどICT機器の設置面積が増えて顧客の収益に寄与する。さらに、床下スペースを空調空気の流路として使わないため、(3) 10%程度の階高（床面から上階の床面までの高さ）の縮小が可能となる（図3参照）。

※1) 株式会社日立プラントテクノロジー試算値：基本システム（冷水-冷媒熱交換器（最大冷却能力60 kW×1台）、局所冷却ユニット（天つり型、最大冷却能力15 kW×4台）およびオプション設備（高効率熱源、フリークーリングシステム）を組み合わせ使用した場合と従来型（電算機用空調機）との比較。

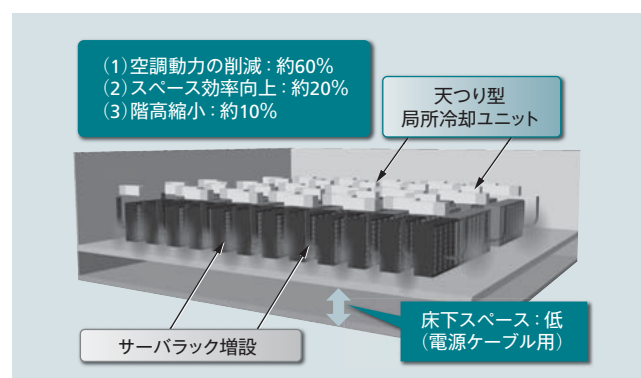


図3 | 局所冷却空調システム「Ref Assist」の効果

空気搬送経路が短いため、空調動力を削減する。また、天井面の有効利用によってスペース効率を向上し、床下スペース縮減によって階高を縮小する。

4. 導入事例

ソフトバンクテレコム株式会社のクラウド向けサーバームの構築にあたり、冷媒自然循環式局所冷却空調システム「Ref Assist」を導入した。データセンターのエネルギー効率を示す指標であるPUE（Power Usage Effectiveness）の国内データセンターでの平均値は2.0と試算されている。この施設は、PUEが通年で1.3以下と、エネルギー効率を大幅に向上させた（図4参照）。導入したシステムの特徴



図4 | 納入した「Ref Assist」の外観

サーバームに設置された冷媒自然循環式局所冷却空調システム「Ref Assist」の外観を示す。

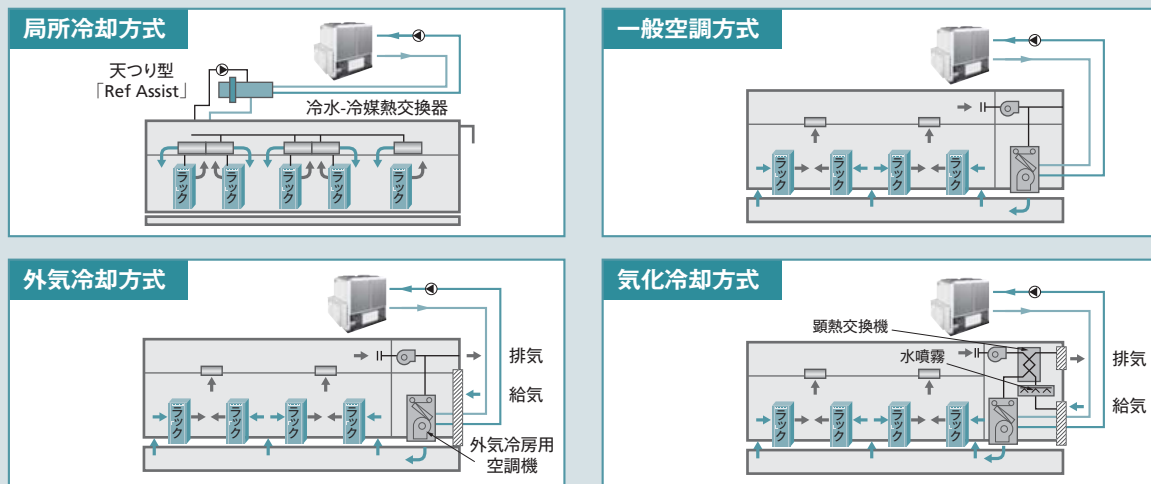


図5 | 比較検討した空調方式

局所冷却方式のほか、一般空調方式、外気冷却方式、気化冷却方式の4方式を比較検討した。

は、下記のとおりである。

(1) 冷媒自然循環方式の採用

冷媒を気体と液体の比重差によって自然循環させることで搬送動力を不要とした。

(2) 天つり型局所冷却ユニットの採用

サーバラック上部に設置して排熱を直近で冷却する天つり型局所冷却ユニットで空気循環経路を短縮して、ファン動力を大幅に削減した。

(3) 高効率熱源システムの採用

空調設備を使用せず、低温の外気だけを利用して冷却するフリークーリングおよび高効率仕様の空冷チラーを採用し、熱源システムの省エネルギーを実現した。

5. 国際標準化活動

国際的な標準化機関には、ITU (International Telecommunication Union) のほか、IEC (International Electrotechnical Commission)、ISO (International Organization for Standardization) があり、このうちITUは無線および有線の電気通信分野を担当している。ITUでは2012年までをめぐり「Best Practices for Green Data Centers」の勧告化作業を始めるなど、データセンターに関わる国際標準化活動が強化されつつあった。

総務省ではこれに寄書提案するために3年にわたって事業を推進し、2010年度の実証実験を日立製作所が受託し、日立プラントテクノロジーがその実施を担当した。

5.1 高負荷密度なデータセンター向け空調方式の実証

実証は、(1)「Ref Assist」に代表される局所冷却、(2) ICT機器設置室全体を空調する一般空調、(3) 寒冷な外気を直接導入する外気冷却、および(4) 外気への水噴霧で

得られる気化冷熱を用いる気化冷却の4方式を対象とし、東京近郊の実気象条件下で実験データを取得した後、試算によって各方式を評価した(図5参照)。

5.2 空調方式と消費電力との関係

高効率熱源とフリークーリングをあえて使用しない制約により、熱源を共通化した条件下で評価を行った。この条件による評価では、局所冷却方式は空気搬送動力が少なく、外気冷却方式では、冬期や中間期に熱源が停止するため、熱源動力が少ないなど各方式の特徴が現れた結果となった。気化冷却方式は有効期間が短いことに加え、気化冷却器での圧力損失も大きく優位ではなかった(図6参照)。さらに、種々の気象条件下での試算では、寒冷な気候では熱源動力の小さな外気冷却方式が有効だが、東京やシンガポールなど比較的高い外気温が出現する場所では、局所冷却方式が優位となった(図7参照)。

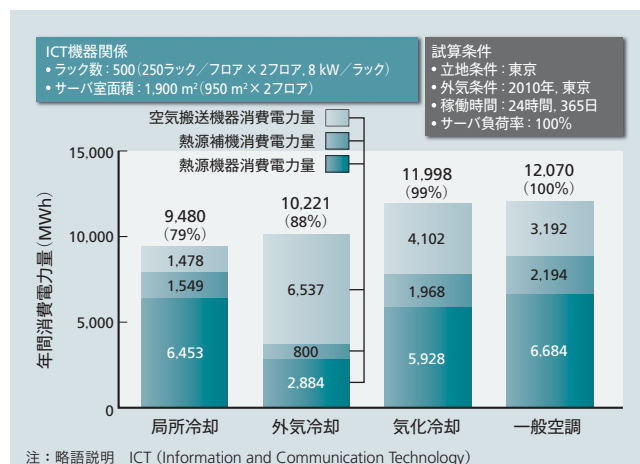


図6 | 東京の気象条件における比較結果(高効率熱源なし)

局所冷却空調方式では、空気搬送動力が少なく、外気冷却方式は熱源動力が少ない結果となった。

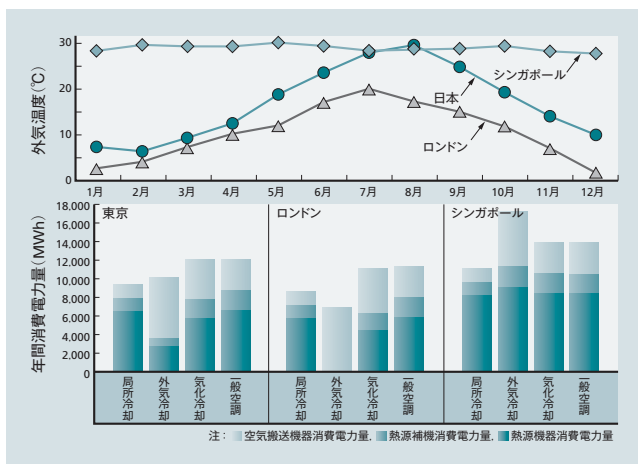


図7 | 異なる気象条件での空調消費電力比較結果（高効率熱源なし）
東京、シンガポールでは局所冷却方式が優位だが、寒冷なロンドンでは外気冷却方式が優位となる。

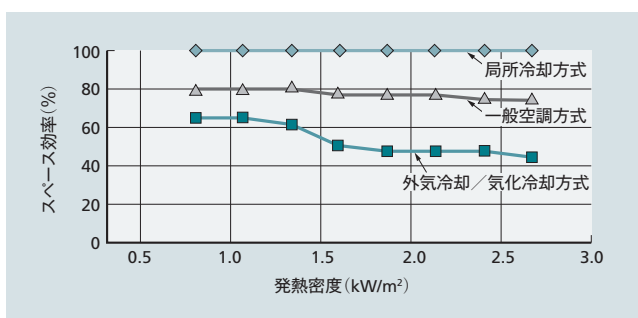


図8 | 発熱密度とスペース効率
局所冷却方式は発熱密度によらずスペース効率が優位である。

5.3 空調方式とスペース効率との関係

データセンターでは、限られたスペースに最大限のICT機器を設置できる高いスペース効率も重要である。局所冷却方式では、発熱密度が増大しても天井面へのユニット増設で対応でき、必要な床下スペースも変わらない。一方、ほかの方式では発熱量が大きいと必要冷却性能が増して空調機設置面積が増えるのに加え、冷風供給のための床下チャンバスペースも大きくなる（図8参照）。

5.4 ITUの勧告内容

これら一連の結果は、ITUに日本国提案として寄書提案された。2011年9月のソウル国際会議などを経て2011年11月に承認され、「L.1300 8 Cooling 8.3.2 High Efficiency Cooling Plant」に掲載された。

勧告では、スペース効率の点では、局所冷却方式が優位であり、外気条件によって、局所冷却／外気冷却方式、気化冷却方式を推奨する内容となった（表1参照）。

6. おわりに

ここでは、データセンター向け局所冷却空調システム「Ref Assist」と、データセンター向け空調システムに関する国際標準化の取り組みについて述べた。

表1 | ITU（国際電気通信連合）勧告の内容

外気条件とスペース効率を考慮した勧告文が掲載された。

考慮すべき項目	冷却方式選定基準
スペース効率を考慮すると	・負荷密度の高い（例えば5～6 kW/ラック以上（1.3～1.6 kW/m ² 以上））データセンターは、局所冷却方式を選定すべきである。
外気条件を考慮すると	・外気湿球温度の低い（例えば15℃以下）地域ではそのエネルギー効率により、外気冷却方式または気化冷却方式を選定すべきである。 ・外気湿球温度の高い（例えば15℃以上）地域ではそのエネルギー効率により、局所冷却方式を選定すべきである。
スペース効率とエネルギー効率の両方を考慮すると	・温暖な地域（例えば湿球温度15℃以上）ではスペース効率とエネルギー効率の最もよい局所冷却方式を選定すべきである。

「Ref Assist」は、データセンターに設置されるICT機器からの排気を冷却する「局所冷却ユニット」と冷媒を冷却する「冷水－冷媒熱交換器」から成る。従来技術に比べ、空調動力約60%減、スペース効率約20%向上という効果が得られる。納入事例においてはエネルギー効率指標PUEを通年で1.3以下と大幅に向上させた。

データセンター向け空調に関する国際標準化制定が進められており、日立グループも最適冷却方式に関する実証実験に参画した。この結果を基に、「スペース効率では局所冷却方式が優位」という内容が示され、日本から提出された案が国際標準として承認された。

参考文献

- 1) 情報通信機器の革新的省エネ技術への期待：グリーンITシンポジウム2007，経済産業省（2007.4）
- 2) 2008グリーンIT：ファシリティソリューション事業の実態と戦略分析：矢野経済研究所（2008.10）

執筆者紹介



大貫 敏之

1990年日立プラント建設株式会社入社，株式会社日立プラントテクノロジー 環境システム事業本部 技術本部 テクニカルエンジニアリング部 所属
現在，データセンター向け空調設備の開発，設計に従事



小野 保夫

1983年日立製作所入社，株式会社日立プラントテクノロジー 環境システム事業本部 技術本部 テクニカルエンジニアリング部 所属
現在，データセンター向け空調設備の開発，設計に従事



Onuora Obi

2010年日立ヨーロッパ入社，株式会社日立プラントテクノロジー 営業統括本部 ロンドン事務所 所属
現在，データセンター向け空調設備の設計，拡販に従事



頭島 康博

1996年日立プラント建設入社，株式会社日立プラントテクノロジー 研究開発本部 松戸研究所 空調・プラントシステム部 所属
現在，データセンター向け空調設備の研究開発に従事